

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности

Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность

Отделение контроля и диагностики

УДК 614.845:661.68:504.06

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Экологическая оценка применения огнетушащих составов на основе жидкого стекла

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1Е31	Лотова Эльвира Вячеславовна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Сечин А.И.	Д.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Спицын В.В.	К.Э.Н.		

По разделу «Производственная и экологическая безопасность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева И.Л..			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Вторушина А.Н.	К.Х.Н.		

Томск 2018

Результаты освоения образовательной программы по направлению 20.03.01 Техносферная безопасность

Код Результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР, и/или заинтересованных сторон
Общие по направлению подготовки		
P1	Способность понимать и анализировать социальные и экономические проблемы и процессы, применять базовые методы гуманитарных, социальных и экономических наук в различных видах профессиональной и социальной деятельности.	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, 2, ОПК-2). CDIO Syllabus (2.4, 4.1, 4.2.7, 4.7). Критерий 5 АИОР (п. 2.12)
P2	Демонстрировать понимание сущности и значения информационных технологий в развитии современного общества и для ведения практической инновационной инженерной деятельности в области техносферной безопасности	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК-1). CDIO Syllabus (3.2). Критерий 5 АИОР (п. 2.5)
P3	Способность эффективно работать самостоятельно, в качестве члена и руководителя интернационального коллектива при решении междисциплинарных инженерных задач с осознанием необходимости интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-3, 5, 6, 7, ОПК-1, ОПК-3, ОПК-5, ПК-8). CDIO Syllabus (2.4, 2.5, 3.1, 3.3, 4.2), Критерий 5 АИОР (п. 2.9, 2.12, 2.14)
P4	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности, в том числе на иностранном языке.	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-4, ОПК-4). CDIO Syllabus (3.2). Критерий 5 АИОР (п. 2.11)
P5	Способность применять основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования с целью выбора и оптимизации устройств, систем и методов защиты человека и природной среды от опасностей.	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-8, ОПК-1, ПК-5). CDIO Syllabus (1.1, 2.1). Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.4, 2.6, 2.7, 2.8)
Профиль		
P6	Уметь выбирать, применять, оптимизировать и обслуживать современные системы обеспечения техносферной безопасности на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях, в том числе при реализации инновационных междисциплинарных проектов	Требования ФГОС ВО (ОПК-5, ПК-5, ПК-6, ПК-7). CDIO Syllabus (1.3, 2.1–2.5). Критерий 5 АИОР (п. 2.2, 2.4, 2.4, 2.6, 2.7, 2.8), требованиями проф. стандарта 40.056 Профессиональный стандарт «Специалист по противопожарной профилактике»
P7	Уметь организовать деятельность по обеспечению техносферной безопасности на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях, в том числе при реализации инновационных междисциплинарных проектов	Требования ФГОС ВО (ПК-9, ПК-10, ПК-11, ПК-12, ОПК-3, 4, 5). CDIO Syllabus (1.3, 2.1–2.5, 3.1) Критерий 5 АИОР (п. 2.6, 2.12), требованиями проф. стандарта 40.056 Профессиональный стандарт «Специалист по противопожарной профилактике»

P8	Уметь оценивать механизм, характер и риск воздействия техносферных опасностей на человека и природную среду	Требования ФГОС ВО (ПК-12, ПК-16, ПК-17). CDIO Syllabus (1.3, 2.1–2.5). Критерий 5 АИОР (п. 2.2–2.8), требованиями проф.стандартов 40.056 «Специалист по противопожарной профилактике», 40.054 «Специалист в области охраны труда»
----	---	--

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность
Отделение контроля и диагностики

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
_____ А.Н. Вторушина
05.02.2018 г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
3-1Е31	Лотовой Эльвире Вячеславовне

Тема работы:

Экологическая оценка применения огнетушащих составов на основе жидкого стекла

Утверждена приказом директора (дата, номер)	29.01.2018 г. № 436/с
---	-----------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	22.05.2018 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Обзор рынка поставок жидкого стекла: тара, объёмы, консистенция, свойства и область использования
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Технологические схемы использования составов жидкого стекла.
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Спицын Владислав Владимирович
Социальная ответственность	Мезенцева Ирина Леонидовна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	05.02.2018 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Сечин Александр Иванович	д.т.н..		05.02.2018 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
З-1Е31	Лотова Эльвира Вячеславовна		05.02.2018 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
 федеральное государственное автономное образовательное
 учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
 Направление подготовки (специальность) 20.03.01 «Техносферная безопасность»
 Уровень образования Бакалавриат
 Отделение контроля и диагностики
 Период выполнения (осенний / весенний семестр 2017/2018 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	30.05.2018 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
12.03.2018 г.	Составление и утверждение технического задания на тему. Постановка целей и задач.	20
26.03.2018 г.	Обзор рынка поставок жидкого стекла: тара, объёмы, консистенция, свойства и область использования	10
09.04.2018 г.	Обзор технологии приготовления состава по соотношению вода-жидкое стекло, как готового продукта, так и полупродукта.	25
23.04.2018 г.	Обработка и анализ полученных данных.	15
07.05.2018 г.	Разработка разделов «Социальная ответственность» и «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	10
21.05.2018 г.	Оформление и представление ВКР	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Сечин А.И..	к.х.н.		05.02.2018

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП 20.03.01 Техносферная безопасность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Вторушина А.Н.	к.х.н.		05.02.2018

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-1Е31	Лотовой Эльвире Вячеславовне

Школа	ИШНКБ	Отделение	Контроля и диагностики
Уровень образования	Бакалавриат	Направление	20.03.01 Техносферная безопасность

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования	Экологическая оценка применения огнетушащих составов на основе жидкого стекла
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность	1.1. Анализ выполнения работы на рабочем месте, в лаборатории, персонал был под влиянием различных физических, психофизических и химических факторов. 1.2. Анализ обеспечения безопасности человека от возможных опасностей. Выявление возможных опасных и вредных факторов
2. Экологическая безопасность:	Анализ воздействия рассматриваемого вещества на атмосферу.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	3.1 .Разработка мероприятий, которые проводятся во время случайных чрезвычайных ситуаций (аварий, стихийных бедствий). 3.2. Анализ проведения спасательных работ и неотложных работ аварийно-восстановительного процесса в эпицентре пожара
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	Специальные правовые нормы трудового законодательства

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева Ирина Леонидовна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1Е31	Лотова Эльвира Вячеславовна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-1Е31	Лотовой Эльвире Вячеславовне

Тема: Экологическая оценка применения огнетушащих составов на основе жидкого стекла

Школа	ИШНКБ	Отделение	Контроля и диагностики
Уровень образования	Бакалавриат	Направление	20.03.01 Техносферная безопасность

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в электронных ресурсах компаний.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	-Изучение сегмента рынка -Анализ конкурентных технических решений -Технология QuaD -SWOT-анализ
2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	- Расчет экономической эффективности
3. Планирование научно-исследовательских работ. Разработка графика проведения научного исследования	- Построение графика научного исследования

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Спицын Владислав Владимирович	Кандидат экономических наук, доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1Е31	Лотова Эльвира Вячеславовна		

Оглавление

РЕФЕРАТ	11
ВВЕДЕНИЕ.....	13
1 Литературный обзор	14
1.1 Жидкое стекло в качестве средства для пожаротушения	15
1.2 Способ изготовления огнетушащего состава.....	22
1.3. Достоинства применения.	24
1.3. Использование жидкого стекла на объектах лесного хозяйства	25
2 Объекты и методы исследования	28
2.1 Характеристика жидкого стекла.....	28
2.2. Сравнительная характеристика тушения пожаров	28
2.2.1. Тушение пожаров водой.....	28
2.2.2. Тушение пожаров паром	32
2.2.3. Применение жидкого стекла как средства огнетушения	32
2.3. Экспериментальная часть.....	34
2.4. Проверка эффективности применения.....	39
3. Социальная ответственность	44
Введение.....	44
3.1. Производственная безопасность.....	44
3.1.1 Анализ вредных и опасных факторов	45
3.1.2. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при проведении исследований	46
3.1.3 Анализ опасных факторов рабочей зоны.....	49
3.2. Экологическая безопасность.....	51
3.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	52
3.4. Правовые и организационные мероприятия обеспечения безопасности... 54	
3.4.1. Безопасность жидкого стекла	55
3.4.2. Влияние жидкого стекла на окружающую среду	55
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение....	57
4.1 Предпроектный анализ	57

4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования	57
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	58
4.1.1. Технология QuaD	60
4.1.4. SWOT-анализ.....	63
4.2. Планирование научно-исследовательских работ.....	65
4.2.1. Структура работ в рамках научного исследования	65
4.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ	66
4.2.3. Разработка графика проведения научного исследования	67
4.2.4. Бюджет научного исследования	70
Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты	70
Расчет затрат на специальное оборудование для экспериментальных.....	72
Основная заработная плата	74
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	76
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	77

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 79 с., 11 рис., 18 табл., 24 источника.

Ключевые слова: жидкое стекло, огнетушащие составы, огнетушители, огнестойкость, аэрозоли, термостойкая пена.

Объектом исследования является разработка огнетушащих составов для пожаротушения и экологической безопасности.

Цель работы – проверка возможности использования огнетушащего состава на основе жидкого стекла в качестве средства при тушении пожаров.

В процессе исследования проводились мероприятия по подбору компонентов и их оптимального содержания в составе огнетушащего состава, а также испытания для проверки способности состава противостоять огню при взаимодействии с легковоспламеняющимися жидкостями.

В результате исследования разработан состав водного раствора жидкого стекла, который может использоваться в противопожарных целях.

Степень внедрения: внедрение в промышленность.

Область применения: производство огнетушителей, а так же пожарных станций.

Экономическая эффективность/значимость работы: разработанный состав водного раствора жидкого стекла является экологически безопасным, а также экономически выгодным.

В будущем планируется исследование новых составов а также усовершенствование технологии изготовления.

ВВЕДЕНИЕ

Техносферная безопасность является одной из важнейших задач, которую необходимо соблюдать и развивать. Включая в себя вопросы экологической безопасности, она постоянно ставит задачи перед другой составляющей – промышленной и пожарной безопасностью. Вопросы обеспечения пожарной безопасности не нарушая экологических нормативов являются большую актуальность.

Цель исследования – Экологическая оценка применения огнетушащих составов на основе жидкого стекла при возможном использовании в качестве средства при тушении пожаров.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- Дать анализ воздействия жидкого стекла как экологического загрязнителя окружающей среды при применении в средствах пожаротушения.
- Дать анализ возможности использования жидкого стекла в качестве средства для пожаротушения.
- Определить возможности тушения водными растворами жидкого стекла легковоспламеняемых жидкостей.

1 Литературный обзор

В пожарной тактике под огнетушащими веществами принято считать такие вещества, которые прекращают процесс горения, воздействуя на процесс. Огнетушащими веществами считается вода, пены, порошки, газы, аэрозоли. Огнетушащие вещества по доминирующему признаку горения имеют следующие разновидности: охлаждающего действия, разбавляющего действия, изолирующего действия, а также ингибирующего действия. Веществами охлаждающего действия являются: вода, а так же твердый диоксид углерода, к веществам разбавляющего действия относятся негорючие газы, а так же водяной пар и тонкораспыленная вода. Вещества изолирующего действия включают в себя воздушно-механическую пена разнообразной кратности, а так же сыпучие негорючие материалы. Веществами ингибирующего действия считаются галоидированные углеводороды, тетрафтордибромэтан и др.

Для того чтобы ликвидировать пожар нужно выполнить:

- прекратить поступление кислорода воздуха в очаг горения;
- свести поступление их величин к минимуму для того, чтобы горение прекратилось;
- охладить очаг горения до температуры самовоспламенения, создав температуру вещества ниже температуры очага воспламенения;
- по возможности разбавить горючие вещества негорючими.

Для этого и применяются различные огнетушащие вещества, основная цель которых прекратить распространение пламени.

В настоящее время вода относится к веществу, которое наиболее широко используется огнетушащим средством при тушении пожаров. Для того чтобы повысить огнетушащую способность воды в ее состав принято добавлять органические добавки, которые способны повысить вязкость воды, то есть загустили, или вещества, которые снижают ее поверхностное натяжение, их называют пенообразователи. Неорганические соли повышают огнетушащую

способность воды. К ним относятся соли хлоридов, карбонатов и бикарбонатов щелочных металлов. Добавки глин и других тонкодисперсных веществ могут повышать огнетушащую способность. К основному недостатку таких вещественных составов относится многокомпонентность, сложность приготовления, а также возможность расслоения при длительном хранении, а также выделение ядовитых продуктов горения при разложении органических компонентов состава.

К самому эффективному и действующему составу из известных относится состав, который содержит более 50% жидкого стекла, преимущественно 90-98% с модулем жидкого стекла в пределах 1-4.

1.1 Жидкое стекло в качестве средства для пожаротушения

Эффективность действия состава жидкого стекла обеспечивается способностью создавать на поверхности горения изолирующую пленку, которая предотвращает доступ кислорода к очагу горения. Основным недостатком этого состава заключается в его высокой вязкости, в связи с этим огнетушащий состав наносится на очаг горения из аэрозольных упаковок с помощью транспортирующих газов, таких как азот, диоксид углерод или пенообразующие средства.

В описании известного состава не упоминается о способности жидкого стекла под действием высоких температур (100-450° С) образовывать твердую, термостойкую неорганическую пену, слой которой надежно изолирует поверхность горения от доступа кислорода воздуха и действия теплового потока.

Для того чтобы более эффективно использовать жидкое стекло в качестве тушащего состава, нужно снизить его вязкость при помощи добавления в состав воды. Жидкое стекло – загуститель по отношению к воде, а по отношению к жидкому стеклу вода – разжижителем.

Изготовление эффективного огнетушащего состава жидкого стекла с добавлением воды, которые дают требуемые уровень вязкости и результат значительного понижения температуры в очаге горения, больших значений температуростойкости и способности изолирующей состав при помощи испарения свободной воды и вспенивания жидкого стекла.

Требуемая задача осуществляется тем, что огнетушащий состав, в котором содержится вода и загущающая примесь. Загущающей примесью выступает жидкое стекло, модуль которого имеет значения диапазоне 2,5-3,2. Необходимо соблюдение следующего соотношения компонентов (% мас.):

Вода	50-95;
Жидкое стекло	5-50.

Жидкое стекло представляет собой вязкую жидкость. Общая химическая формула:



где R_2O – оксид щелочного металла,

m – модуль жидкого стекла.

Плотность жидкого стекла составляет 1400-1500 кг/м³, а коэффициент динамической вязкости до 1Па•с. Жидкое стекло способно смешиваться с водой в любых соотношениях. В случае содержания в огнетушащем составе в обусловленном диапазоне от 5 % до 50 %, происходит изменённые вязкости раствора в диапазоне от 0,004 Па•с до 0,5 Па•с, с изменением плотности раствора в промежутке от 1020 кг/м³ до 1250 кг/м³. В таком случае, жидкое стекло с абсолютной уверенностью можно отнести к веществам, которые наиболее повышают вязкость воды, а именно, к загущающим веществам. В данном диапазоне концентрации такого стекла с добавлением водного раствора, вязкость значительно повышается в 4-500 раз по отношению с вязкостью воды. Это изменение вязкости водных растворов, которые используются при тушении пожаров фактически недостижимо, в случае использования органических или неорганических загустителей.

При растворении жидкого стекла в водном растворе значительно увеличивается плотность раствора, что обуславливает усиление кинетической энергии струи раствора к отношению с энергией струи воды, которая направлена в очаг воспламенения с такой же скоростью. Дальность движения струи раствора в этом случае увеличивается.

Одной из основных причин нашего бессилия перед огнем и пожарами является отсутствие у пожарных расчетов надежных и эффективных средств пожаротушения. Наиболее распространенным средством пожаротушения является вода, которая, попадая в очаг горения, и испаряясь, забирает большое количество тепла и снижает температуру поверхности горения. Практика показывает, что использование воды достаточно эффективно при незначительных возгораниях и низкотемпературных пожарах. При тушении высокотемпературных пожаров струя воды может и не достигать поверхности горения, испаряясь на подлете к зоне горения. Поэтому при тушении таких пожаров необходимо большое количество воды.

Анализ физико-химических процессов, происходящих при высокотемпературном воздействии на огнетушащую жидкость, показывает весьма ограниченный перечень этих процессов, оказывающих решающее влияние на подавление огня. Огнетушащая жидкость должна не только понижать температуру в очаге горения за счет испарения воды или выделения газов, не поддерживающих горения, но и образовывать на поверхности горения изолирующие пленки или другие преграды, блокирующие доступ кислорода.

Кроме того, для достижения поверхности горения струя огнетушащего средства должна обладать большей кинетической энергией по сравнению со струей воды. Это можно достичь путем увеличения плотности жидкости за счет введения в её состав веществ, повышающих не только плотность воды, но и её вязкость. Как правило, в качестве загущающих добавок используют примеси неорганических солей- карбонатов, хлоридов, бикарбонатов щелочных

металлов, и к тому же примеси глины и примеси других тонкодисперсных веществ.

Из большого многообразия неорганических загустителей наиболее целесообразно использовать водорастворимый силикат натрия (жидкое стекло) с плотность которого находится в диапазоне 1380-1500 кг/м³, коэффициент динамической вязкости которой составляет до 1 Па·с. В таком случае, жидкое стекло взаимодействуя с водой в любых процентных соотношениях и при содержании в водном растворе от 5 до 50%, жидкое стекло меняет вязкость вещества раствора от 0.004 Па·с до 0.5 Па·с, а также повышает плотность раствора в данном диапазоне с 1020 кг/ м³ до 1250кг/ м³.

В данном диапазоне процентной концентрации жидкого стекла в составе вещества водного раствора, его вязкость возрастает примерно в 4-500 раз по отношению к вязкости воды (0.001 Па·с, 20°C).

Увеличение плотности раствора позволит увеличить дальность полета струи за счет увеличения её кинетической энергии.

При полете струи вещества жидкого стекла к границе очага возгорания, при помощи высокой температуры совершается нагревание раствора вещества и снижается его вязкость, это способствует хорошему закреплению раствора вещества на границе очага горения. Для повышения смачиваемости и растекания веществ раствора на границе очага горения и воспламенения, в состав раствора можно вводить поверхностно-активные вещества с поверхностным натяжением порядка 30 мН/м в диапазоне 0.001-0.1 кг/ м³ воды.

При выпаривании воды из раствора жидкого стекла на границу очага горения повышается процентная концентрация жидкого стекла, это обуславливает повышение его вязкости, а так же при абсолютном испарении воды из состава вещества раствора, на границе горения создается пленка из жидкого стекла, которая обладает особым свойством непрерывности. Возникшая пленка теряет молекулярную воду при температуре 120-200°C и приобретает твердообразное состояние, которое носит название ксерогель.

В диапазоне температур 200-400°C из ксерогеля удаляется вода, которая химически связана, при воздействии которой плёнка из жидкого стекла получает пиропластичное состояние. Пары воды, которые выделяются, увеличивая объём вспенивают эту пленку, а ее объём увеличивается в 10-50 раз. Плотность пены, которая образовалась на границе горения составляет 30-50 кг/м³, данный слой блокирует попадание кислорода к границе горения. Слой пены, образовавшийся процессе, не подвергается горению, потому что по составу подобен неорганическому веществу – обезвоженному силикату щелочного металла.

Получившийся слой плотной неорганической пены имеет низкий коэффициент теплопроводности и находится в диапазоне от 0.03 до 0.036 Вт/м·К и прекращает прогрев затухающей границы до температуры воспламенения за счет быстрого уменьшения движения теплового потока, который образуется при излучении огня и тепла, образовавшихся дымовых газов. Такая пена способна сохранять свою особенную структуру и свойства при нагревании до температуры, не превышающей 550°C, а в случае превышения данной температуры происходит частичное плавление верхнего слоя пены и уплотнение. В процессе плавления наружного слоя пены тратится определенное количество тепла.

При приготовлении огнетушащих растворов необходимо использовать жидкое стекло с силикатным модулем в пределах 2,5-3,2, так как интенсивность вспенивания жидкого стекла при термическом нагреве зависит от состава его молекулярной, воды химически связанной, количество которой в жидком стекле предопределяется его модулем и особенностью строения силикатного аниона.

В зависимости от модуля, в составе жидкого стекла при $m=1$ преобладает полимерный анион $[\text{SiO}_3]^{2-}$, при $m=2$ – ленточный полимерный анион $[\text{Si}_2\text{O}_5]^{2-}$, при $m=3$ и более – полимерный анион с повторяющимся радикалом $[\text{Si}_3\text{O}_7]^{2-}$, образующим трехмерную структуру. Чем выше значение

модуля, тем большее количество молекулярной воды содержит жидкое стекло и выше его способность к вспениванию.

Проверку влияния величины силикатного модуля жидкого стекла на процесс его вспенивания проводили путем нанесения на поверхность деревянных реек сечением 1×2 см жидкого стекла с силикатным модулем в пределах $m=1-3,4$. Затем рейки с жидким стеклом подсушивались в сушильном шкафу (80°C) в течение 20 мин, после чего помещались в предварительно нагретую до 600°C муфельную печь и выдерживались в ней в течение 1 минуты. Коэффициент вспенивания жидкого стекла определялся по отношению толщины слоя пены к толщине исходной пленки жидкого стекла. Необходимо отметить, что под слоем пены обугливания деревянных реек не наблюдалось. Результаты испытаний представлены в табл.1, из которой следует, что хорошей вспенивающей способностью обладают жидкие стекла с модулем более 2,5.

Таблица 1.1 – Результаты испытаний

Модуль жидкого стекла	Коэффициент вспенивания	Примечание
1.0	—	Слой стекла оплавлен, дымление
1.5	3.5-4	Слой частично поризован и оплавлен с поверхности, дымление
2.0	5-8	Слой пены небольшой, слабое дымление
2.5	15-18	Плотный слой пены, дымления нет
3.0	40-50	Пористый слой пены
3.2	40-50	Пористый слой пены
3.4	40-45	Пористый слой пены

Использование водного раствора жидкого стекла в качестве огнетушащего средства имеет принципиально важное значение, так как при его попадании в очаг горения происходит быстрое испарение воды и развиваются физико-химические процессы образования пиропластичной изолирующей пленки из жидкого стекла, из которой при дальнейшем термическом воздействии начинает развиваться физико-химический процесс образования

слоя неорганической, изолирующей пены, устойчивой до температуры 550°C и предотвращающей доступ кислорода воздуха к поверхности горения.

Если жидкое стекло в составе огнетушащего раствора выполняет роль загущающего компонента, то вода в составе раствора выполняет роль транспортирующего средства доставки жидкого стекла в очаг горения.

Не сложные расчеты показывают, что при попадании в очаг горения 1 м³ раствора с содержанием 10% жидкого стекла, образуется до 1,5 м³ неорганической пены. Если раствор будет содержать 50% жидкого стекла, то объем образующейся пены из 1 м³ раствора составляет 5-10 м³ при плотности пены 30-50 кг/м³.

Эти расчеты дают основание полагать, что при использовании водных растворов жидкого стекла в качестве огнетушащего средства, можно уменьшить расход этого средства примерно в 5-10 раз по сравнению с расходом воды. Прогнозируемую эффективность использования водных растворов жидкого стекла при тушении пожаров можно оценить по следующим факторам:

- жидкое стекло легко растворяется и смешивается с водой в любом соотношении;
- высококонцентрированные растворы рационально использовать при тушении разливов нефти, пожаров на скважинах на нефть и газ, при тушении подземных пожаров в угольных шахтах, а также при возгорании торфяников;
- раствор можно использовать в виде огнезащитного устройства для прекращения воспламенения других объектов, которые находятся рядом с очагами возгорания пожара;
- подачу огнетушащего раствора на объект возгорания можно осуществлять с помощью пожарных машин, а при тушении лесных пожаров рекомендуется заправлять раствором ранцевые огнетушители;
- применение раствора весьма эффективно при тушении высокотемпературных пожаров;

- раствор экологически безвреден как для людей, так и для окружающей среды;
- стоимость жидкого стекла не сопоставима с экономическими потерями при пожарах.

В заключение, необходимо отметить, что жидкое стекло является типичной нанодисперсной системой, обладающей уникальной способностью образовывать твердую неорганическую пену при термическом нагреве и это свойство предопределяет новую область использования жидкого стекла при тушении пожаров практически всех классов сложности.

1.2 Способ изготовления огнетушащего состава.

Для приготовления данного огнетушащего средства необходимо применять жидкое стекло, модуль которого лежит в диапазоне 2,5-3,2. Если огнетушащий состав выступает в качестве пленочного изолирующего покрытия, то величина модуля не несет особого смысла. Предлагаемому составу величины силикатного модуля несет большое значение, потому что вместо пленочного изолирующего покрытия, свойства после испарения не использованной воды играет роль пенообразующего покрытия, и при этом тенденция термического вспенивания нашего стекла зависима от состава в нем молекулярной и воды химически связанной. Время хранения состава в специальных герметично-металлических емкостях неограничен и не провоцирует металлическую коррозию.

Огнетушащий состав в очаге возгорания по сравнению с прототипом несёт ряд отличий.

- При полете струи раствора вещества жидкого стекла к границе очага возгорания, при высокой температуры происходит нагревание раствора и происходит снижение его вязкости, а это предрасполагает к интенсивному растеканию раствора на поверхности горения.

- При испарении воды из раствора на поверхности горения увеличивается концентрация жидкого стекла, значительно повышается его вязкость и при абсолютном испарении воды из раствора вещества на границе горения остается пленка из жидкого стекла, которая обладает свойством непрерывности.

- В целях повышения смачиваемости раствором границы очага возгорания и повышения степени диспергирования струи раствора, в его состав можно вводить высокомолекулярные поверхностно-активные вещества с поверхностным натяжением менее $30 \cdot 10^{-3}$ Н/м, например, на основе поливинилового спирта, толуола и воды в количестве 0,001-0,1 кг/м³ раствора.

Образовавшаяся после испарения свободной воды на поверхности горения пленка жидкого стекла при температуре 120-200°С теряет молекулярную воду и приобретает твердообразное состояние. В интервале температур 200-400 °С из твердообразного жидкого стекла начинает удаляться химически связанная вода, под действием которой корочка жидкого стекла приобретает пиропластическое состояние, а выделяющиеся пары воды, вследствие резкого увеличения своего объема, вспенивают эту корочку и ее объем увеличивается в 10-50 раз. Плотность образовавшегося на поверхности горения слоя пены составляет 30-50 кг/м³ и этот слой надежно блокирует доступ кислорода воздуха к поверхности горения. Образовавшийся слой пены не подвержен горению, так как по своему составу является неорганическим веществом – безводным силикатом щелочного металла.

Кроме того, образовавшийся слой твердой неорганической пены обладает низким коэффициентом теплопроводности (0,03-0,036 Вт/м•°К) и предотвращает прогрев затушенной поверхности до температуры возгорания за счет резкого снижения интенсивности воздействия теплового потока, образующегося при излучении пламени и конвективного тепла дымовых газов.

Пена сохраняет свою структуру и свойства при нагреве до температуры 550 °С, выше которой начинается частичное подплавление поверхностного слоя

пены и его уплотнение. На процесс плавления поверхностного слоя пены также затрачивается определенное количество тепла.

1.3. Достоинства применения.

Использование водного раствора жидкого стекла в качестве огнетушащего средства имеет принципиально важное значение, так как при его попадании в очаг горения происходит быстрое испарение воды и развиваются физико-химические процессы образования пиропластичной изолирующей пленки из жидкого стекла, из которой при дальнейшем термическом воздействии начинает развиваться физико-химический процесс образования слоя неорганической изолирующей пены, устойчивой до температуры 550 °С и предотвращающей доступ кислорода воздуха к поверхности горения. Если жидкое стекло в составе огнетушащего раствора выполняет роль загущающего компонента, то вода в составе раствора выполняет роль транспортирующего средства доставки жидкого стекла в очаг горения.

Несложные расчеты показывают, что при попадании в очаг горения 1 м³ раствора с содержанием 10 % жидкого стекла образуется до 1,5 м³ неорганической пены. Если раствор будет содержать 50 % жидкого стекла, то объем образующейся пены из 1 м³ раствора составит 5 – 10 м³ при плотности пены 30 – 50 кг/м³.

Эти расчеты дают основание полагать, что при использовании водных растворов жидкого стекла в качестве огнетушащего средства, можно уменьшить расход этого средства примерно в 5 – 10 раз по сравнению с расходом воды. Прогнозируемую эффективность использования водных растворов жидкого стекла при тушении пожаров можно оценить по следующим факторам:

- жидкое стекло легко растворяется и смешивается с водой в любом соотношении;

- высококонцентрированные растворы целесообразно использовать при тушении разливов нефти, пожаров на нефтяных и газовых скважинах, при тушении подземных пожаров в угольных шахтах, а также при возгорании торфяников;
- раствор также можно использовать в качестве огнезащитного средства для предотвращения возгорания других объектов, находящихся вблизи от очага пожара, например стен деревянных зданий, а при лесных пожарах - отдельных деревьев и кустарников;
- подачу огнетушащего раствора на объект возгорания можно осуществлять с помощью пожарных машин. При тушении лесных пожаров рекомендуется заправлять раствором ранцевые огнетушители;
- применение раствора весьма эффективно при тушении высокотемпературных пожаров;
- раствор экологически безвреден как для людей, так и для окружающей среды (однако воздействия на pH почвы не исключается);
- стоимость жидкого стекла не сопоставима с экономическими потерями при пожарах.

В заключение необходимо отметить, что жидкое стекло является типичной нанодисперсной системой, обладающей уникальной способностью образовывать твердую неорганическую пену при термическом нагреве, и это свойство предопределяет новую область использования жидкого стекла при тушении пожаров практически всех классов сложности.

1.3. Использование жидкого стекла на объектах лесного хозяйства

Средство для борьбы с саранчой и другими насекомыми содержит воду и активный компонент. В качестве активного компонента используется натриевое или калиевое жидкое стекло.

Механизм действия предлагаемого средства для борьбы с саранчой и другими насекомыми заключается в том, что при попадании на тело насекомого

распылённого раствора жидкого стекла в виде тонкой плёнки, происходит испарение воды, в результате чего вязкость раствора увеличивается с 0,01 Па·с до 1-10 Па·с и выше. При увеличении вязкости раствора также увеличиваются его адгезионно-клеящие свойства, что приводит к резкому снижению двигательной активности насекомых вследствие слипания их ножек, крыльев и прилипания к растениям.

Предлагаемым средством можно уничтожать саранчу на всех стадиях её жизненного цикла – яиц в гнездилищах, личинок-саранчуков (кузнечиков) и на стадии окрыления. При обработке яиц в гнездилищах, образовавшаяся плёнка жидкого стекла на яйцах блокирует в них развитие процессов жизнедеятельности, что приводит к консервации и гибели яиц. На стадии существования саранчи в виде кузнечиков, их гибель обусловлена полной потерей подвижности не только за счёт образования вязкой и клеящей плёнки, но и переходом этой плёнки в твердообразное состояние в результате испарения остаточных количеств свободной воды из образовавшейся плёнки жидкого стекла на поверхности тела насекомого, что также приводит к изоляции и консервации тела насекомого.

При попадании стаи летящей саранчи в облако распылённого средства, это средство в первую очередь будет покрывать быстродвижущиеся крылья саранчи, а интенсивный воздушный поток, создаваемый крыльями, будет способствовать быстрому испарению свободной воды из средства, в результате чего произойдёт увеличение клеящей способности средства и склеивание парных крыльев саранчи. Это приводит к резкому снижению летательной способности саранчи, её падению на землю, обездвиживанию и гибели.

По аналогичному механизму предлагаемое средство будет действовать и на других ползающих и летающих насекомых.

Эффективность действия предлагаемого средства обусловлена также и щелочным его характером. В указанных пределах значений силикатного модуля $n=2,6-4,0$, жидкое стекло имеет значение $pH=10,5-11,5$. Щелочной

характер средства дополнительно оказывает раздражающее действие на насекомых, но необходимо отметить, что щелочной характер жидкое стекло имеет только в гидролизованном состоянии, т.е. при его высыхании и превращении в твердообразное состояние, щелочность его уменьшается и достигает состояния нейтральности. Из последнего следует, что использование жидкого стекла с модулем в пределах $n=2,6-4,0$ будет оказывать негативное экологическое воздействие на растения в меньшей степени. Кроме того, при такой величине модулей жидкого стекла, оно обладает максимальной клеящей способностью.

Выбор необходимой концентрации растворов при использовании предлагаемого средства зависит от размера обрабатываемой территории, наличия жидкого стекла и температуры окружающей среды. При температуре воздуха 20°C и ниже необходимо использовать растворы с высоким содержанием (50-90 % мас.) жидкого стекла. При температурах воздуха выше 25°C необходимо использовать раствор с содержанием жидкого стекла 30-50 % мас., а при температурах воздуха выше 35-40°C рекомендуется использовать раствор с содержанием жидкого стекла 20-30% мас.

Распыление водных растворов жидкого стекла можно проводить с помощью автотракторных установок или с помощью авиации.

2 Объекты и методы исследования

2.1 Характеристика жидкого стекла

Жидким стеклом называется раствор щелочных силикатов натрия и калия ($\text{Na}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n$ и $\text{K}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n$ соответственно) являются представителями огромного класса водорастворимых силикатов, а так же стекол, которые выпускаются в промышленных масштабах.

Основные характеристики жидкого стекла:

- Жидкое стекло является экологически чистым материалом;
- густая жидкость желтого либо серого цвета;
- без запаха;
- жидкое стекло безопасно к пожару;
- высокоустойчиво при высоких температурах.

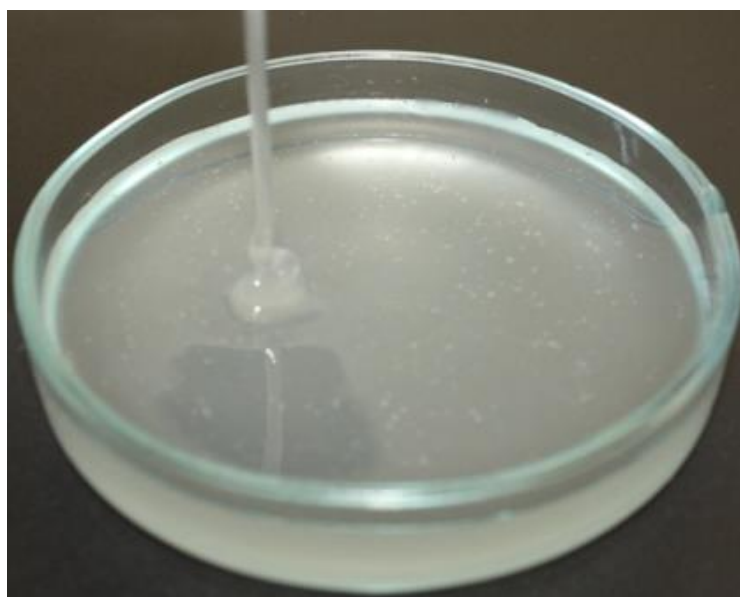


Рисунок 2.1 – Жидкое стекло

2.2. Сравнительная характеристика тушения пожаров

2.2.1. Тушение пожаров водой

Свойства воды при погашении огня заключаются в том, что они несут большую теплоемкость, способны забирать от горящих веществ весомое количество тепла, понижая температуру места воспламенения до той, при которой дальнейшее горение не может быть. Так как, для нагрева 1 л воды на 1°C нужно потратить примерно 4,2 кДж. Поэтому, при тушении очага возгорания 1 л воды, нагревая от температуры помещения (20°C) и до кипения (100°C), вычитет из зоны горения 335 кДж. Потом, изменяя свое физическое состояние из одного в другое (из воды в пар), за счет закрытой теплоты парообразования вычитается еще 2260 кДж. Пар, который возникает в процессе испарения воды (около 1700 л пара из 1 л воды), закрывает доступ кислорода к возгорающемуся веществу, и к тому же способствует предотвращению горения.

Воду не рекомендуется использовать при тушении веществ, которые могут вступать с ней в реакцию. В качестве примера рассмотрим металлы калия и натрия, они взаимодействуют с водой при низкой температуре, замещая в ней водород. В процессе реакции водород выделяется в примеси с воздухом образуя взрывоопасную смесь, которая довольно опасна.

Воду не рекомендуется использовать при тушении пожаров, которые могут возникнуть на электрических установках под напряжением, так как в этом возникает опасность для человека, того, который тушит, электрическим током, и так же при погашении карбида кальция из-за возможности появления взрыва, исходящим при этом ацетилена.

При тушении пожаров вода используется в виде небольших струй, в состоянии аэрозоля, и в виде воздушной и механической пены. Струи воды, которые направлены в область возгорания, имеют большую силу, и, действуют механически, перебивая пламя, в то время, охлаждая область горения поверхности. Этими струями можно потушить пожар с дальнего расстояния, что имеет огромное влияние при значительной производительности тепла, которая затрудняет подход к очагу воспламенения. Использовать компактные струи для тушения пожара не всегда рекомендуется. Их

невозможно использовать при тушении горящих легко воспламеняющихся жидких фаз, потому что при этом процессе происходит растекание жидкости, которая выплывает на поверхность воды, и это способствует значительному увеличению очага возгорания.

При применении воды в состоянии аэрозоля, в консистенции мелкодисперсных частиц или аэрозоля, когда большее количество капель распыленного водного раствора при размерах меньше, чем 0,1 мм, тогда увеличивается площадь соприкосновения воды и горящих веществ, а это значительно способствует интенсивному поглощению водой тепла от области возгорания и появлению пара, который способствует тушению.

Распыленная струя воды, то есть аэрозоль, в процессе горения в помещении может применяться для понижения температуры и осаждения дыма. Поток воды отправляется в самую верхнюю часть помещения и распределяется на большей площади для того, чтобы движение воды в прогретом воздухе и дыме был максимально большим. Спускаясь вниз, меньшие капли воды при нагревании испаряются, а крупные при нагревании поглощают газообразные продукты, а также твердые продукты горения. Способствуя этому, температура в помещении, находящегося под пламенем, уменьшается, а дым оседает, зона горения начинает становится видимой и наступает возможность для более эффективного тушения очага возгорания.

Вода в мелкодисперсном состоянии применяется при тушении возгорающихся продуктов нефти, имеющих температуру вспышки выше 120° С.

При добавлении к воде примерно 0,2-2,0% (по массе) образователей пены способствует уменьшению поверхностного натяжения, в итоге чего улучшаются ее свойства гашения огня, примерно в 2-2,5 раза и уменьшается расход воды, уменьшается время тушения огня. В качестве образователей пены используют такие вещества, как сульфонаты, а также пенообразователь, к

которым относятся ПО-1, ПО-6, ПО-11 и не заменимый смачиватель НБ (некаль) и др.

2.2.2. Тушение пожаров паром

На предприятиях, которые имеют значительные ресурсы пара, использование которого при тушении пожара является во всех случаях вполне целесообразным. Огнегасительная способность пара основывается в процессе вытеснения кислорода воздуха из данного помещения. Огнегасительная способность пара способствует эффективному только при значительных его концентрациях на единицу объема. Избыток влаги и охлаждающего влияния пара значительного снижения значения при устранении пожара не имеют.

Метод тушения пожара паром основан на том, что в помещении, в котором происходит пожар, необходимо быстро заполнить паром (в течение 5-10 мин). В этом случае температуру в помещении необходимо довести не менее чем до $+85^{\circ}\text{C}$, то должно вызвать снижение содержания кислорода примерно на 31% (уменьшит содержание кислорода до 15-16%), и горение должно прекратиться. В помещении, в которое наполнено паром, следует закрыть все проемы, а также отверстия в стенах и потолке, а в полу для того чтобы выпустить воздух необходимо отверстия в виде проемов из расчета $0,5\text{ м}^2$ на 1000 м^3 помещения.

2.2.3. Применение жидкого стекла как средства огнетушения

Для более эффектного тушения пожаров необходимо использовать огнетушащие составы на основе вода, жидкое стекло.

Экспресс-метод необходим для соответствующей оценки возможностей пленки, которая была нанесена на границу поверхности горючей жидкости, а так же что бы противостоять проникновению паров, с помощью этой пленки, которые были образованы при испарении горючей жидкости под этой пленкой.

Применяемые приборы и реактивы:

1) Секундомер механический по ТУ 25-1819.0021-90, класс 2, предел измерения 60 мин.

- 2) Цилиндр мерный по ГОСТ 1770-74, 2-й класс точности, вместимость 100 мл.
- 3) Противень (внутренний диаметр (100 ± 1) мм, высота (35 ± 1) мм).
- 4) Распылитель бытовой.
- 5) Горелка (внутренний диаметр (3 ± 1) мм).
- 6) Н-гептан по ГОСТ 25828-82 (бензин марки А-80 по ГОСТ 2084-77).

Проведение испытаний

При определении ВЗД с помощью данного распылителя на поверхность горючей жидкости, которая была налита в количестве 25 см^3 в противень диаметром (100 ± 1) мм и высотой (35 ± 1) мм, наносят 4 см^3 раствора пленкообразующего состава.

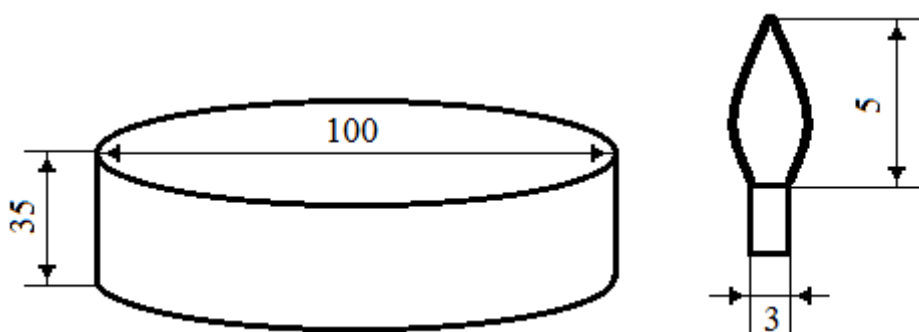


Рисунок 2.2 – Противень для проведения эксперимента

Площадь равна 7850 мм^2 , или $78,5 \text{ см}^2$. Объем равен $274,75 \text{ см}^3$. Высота ЛВЖ 3,2 мм.

Через 90 секунд к данной поверхности горючей жидкости в центр необходимой емкости на высоте (35 ± 1) мм от основания, подносят факел пламени зажженной горелки, который имеет диаметр горелки $\sim (3 \pm 1)$ мм. Высота факела $\sim (5 \pm 1)$ мм.

Секундомером измеряют время с начала поднесения факела до начала воспламенения этой горючей жидкости, при соответствующем времени, при котором существует защитная пленка на поверхности очага возгорания.

Испытания необходимо осуществлять при комнатной температуре воздуха.

Недопустимо последующее использование горючей жидкости.

За конечный результат стоит принимать среднее значение трех определяющих времени воспламенения.

2.3. Экспериментальная часть

Опыт номер 1

Условия эксперимента: подготовлен раствор, в составе 20% силикатный клей, 80% вода. При проведении эксперимента на ацетоне, можно отметить следующее: Плёнка покрывающая зеркало пожарной нагрузки, не представляет единое целое. Через пожарную нагрузку проходит пары растворителя, которые воспламеняются при воздействии источника зажигания.

Можно предположить, что распыление огнетушащего состава проводилось с высокой скоростью.



Рисунок 2.3 – Подготовленная ёмкость с ацетоном и водным раствором жидкого стекла

Опыт номер 2

Условия эксперимента: подготовлен раствор, в составе 40% силикатный клей, 60 %. При проведении эксперимента на ацетоне, можно отметить следующее: удельный вес воды (огнетушащего состава) растет при нанесении на поверхность пожарной нагрузки, данный состав опускается на дно, и не обеспечивает функциональных свойств защиты.

Можно ожидать, что составы подобного соотношения будут малоэффективны при тушении емкостей с легковоспламеняемой жидкостью (ЛВЖ).



Рисунок 2.3 – Процесс горения данного соотношения

Опыт номер 3

Условия эксперимента соотношение состава 60% силикатный клей, 40% вода. Ввиду того, что плотность огнетушащего состава, выше плотности растворителя, при распылении огнетушащий состав уходит на дно, не образуя на поверхности жидкости огнезащитную пленку. Зажигание происходит сразу.

На рис. 2.4 (фото) видно, что огнетушащий состав расположился на дне экспериментальной ячейки.



Рисунок 2.4 – Образовавшаяся пленка, в завершении горения состава

На основе этого эксперимента делаем заключение об эффективных соотношениях компонентов огнетушащего состава на основе «вода+жидкое стекло».

Огнетушащие составы свыше 5% содержания жидкого стекла, неэффективны, при тушении ЛВЖ.

Проводили опыты по зажиганию соотношения состава 20% силикатный клей, 80% вода. Огнетушащий состав образует на поверхности жидкости (спирта) пленку, которая в условиях эксперимента держится до 5 секунд. Затем наблюдается процесс зажигания паров спирта, прошедших через пленку.



Рисунок 2.5 – Подготовленное соотношение водного раствора жидкого стекла со спиртом

Проводили опыты по зажиганию соотношения состава 40% силикатный клей, 60% вода. Огнетушащий состав образует на поверхности жидкости (спирта) пленку, которая в условиях эксперимента держится до 25 секунд. Затем наблюдается процесс зажигания паров спирта, прошедших через пленку.



Рисунок 2.6 – Процесс горения данного соотношения

Проводили опыты по зажиганию соотношения состава 60% силикатный клей, 40% вода. Огнетушащий состав образует на поверхности жидкости (спирта) пленку, которая в условиях эксперимента держится до 90 секунд. Затем наблюдается процесс зажигания паров спирта, прошедших через пленку.



Рисунок 2.7 – Образовавшаяся пленка, в завершении горения состава

В результате проведенных исследований была построена зависимость соотношения компонентов огнетушащего состава на основе «вода+жидкое стекло» от времени существования защитной пленки на поверхности горючей жидкости (рисунок 2.8), из которого видно, что повышение концентрации жидкого стекла в огнетушащем растворе подчиняется зависимости $y=11,351 \cdot x^{0,3722}$ с достоверностью $R^2=0,9951$.

**Зависимость соотношения компонентов огнетушащего состава на основе
«вода+жидкое стекло» от времени существования защитной пленки на
поверхности горючей жидкости**

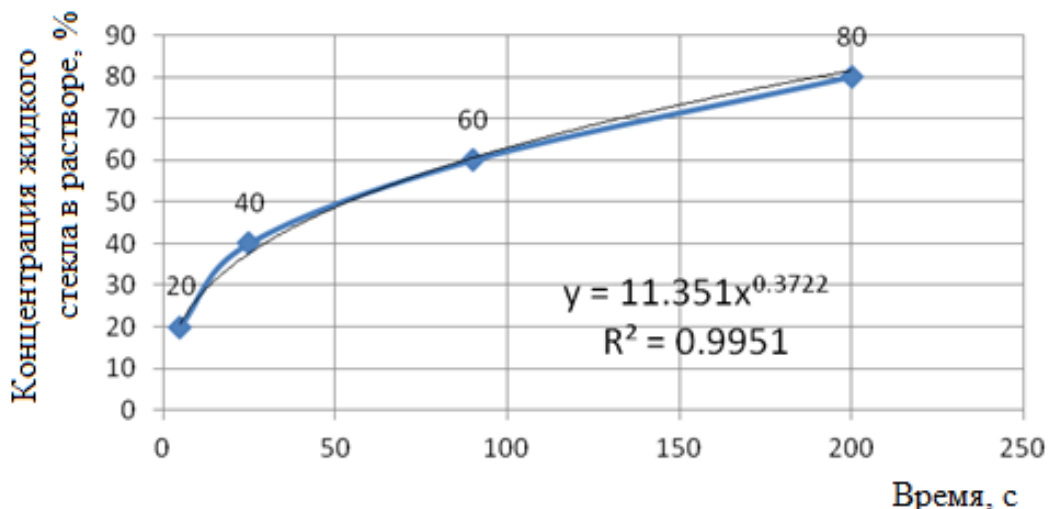


Рисунок 2.8 – График зависимости соотношения компонентов огнетушащего состава на основе «вода+жидкое стекло» от времени существования защитной пленки на поверхности горючей жидкости

Вывод: огнетушащий состав на основе жидкого стекла можно использовать в процессе тушения спиртов. Учитывая то, что образующаяся пленка не носит постоянный характер, а держится на поверхности жидкости пока раствоорообразующая вода не прореагирует со спиртом.

2.4. Проверка эффективности применения.

Использование предлагаемого огнетушащего состава позволяет значительно, по сравнению с известным, снизить температуру поверхности горения за счет расхода тепла на испарение свободной воды, молекулярной и химически связанной воды жидкого стекла, на процессы пенообразования и плавления поверхностных слоев пены. Эти тепловые эффекты недостижимы при использовании органических или иных загущающих составов.

Проверка эффективности применения предлагаемого огнетушащего состава, приготовленного из жидкого натриевого стекла с модулем $m=3,0$ и

соотношении компонентов вода: жидкое стекло= $(95-50):(5-50)$ мас.%, проводилась на объектах горения, выполненных из сухих сосновых бревен диаметром 100 мм в виде колодезного сруба размером $1 \times 1 \times 1,5$ м с общей поверхностью горения 12 м^2 . Для обеспечения равномерности поджога объекта, его внутренние и наружные стенки орошались предварительно бензином. Через 10 минут после начала горения производилось тушение. Результаты испытаний представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Результаты испытаний влияния величины силикатного модуля жидкого стекла на процесс его вспенивания

Модуль жидкого стекла	Коэффициент вспенивания	Результаты испытаний
1,0	—	Слой стекла оплавлен, дымление
1,5	3,5-4	Слой частично поризован и оплавлен с поверхности, дымление
2,0	5-8	Слой пены небольшой, слабое дымление
2,5	15-18	Плотный слой пены, дымления нет
3,0	40-50	Пористый слой пены
3,2	40-50	Пористый слой пены
3,4	40-45	Пористый слой пены

При тушении объекта горения вода и предлагаемые составы подавались в виде струи, а тушение известным составом с содержанием жидкого стекла 92% и модулем 3 производилось методом набрызга раствора.

В качестве высокомолекулярного ПАВ использовалась система поливиниловый спирт-толуол-вода, которое добавлялось из расчета $(0,001-0,1) \text{ кг/м}^3$ раствора. В присутствии ПАВ предлагаемый состав раствора лучше диспергировался при набрызге и лучше закреплялся на поверхности горения. После тушения предлагаемым составом поверхность объектов горения была покрыта непрерывным слоем твердой неорганической пены толщиной 2,5-5,5 см, и этот слой, выполняя роль своеобразного фильтра, обеспечивал меньшее

остаточное выделение дыма с поверхности горения. При тушении известным составом, обладающим большой вязкостью, набрызг не образовывал сплошного слоя на поверхности горения, а образовавшийся слой пены также не имел сплошности.

Прошедшие испытания подтвердили большую эффективность использования предложенного огнетушащего состава. Такой состав возможно использовать для тушения пожаров, которые относятся к классам А, В, С.

Растворы жидкого стекла разумно использовать при тушении пожаров на скважинах на нефть и газ. При тушении пожаров возникших на разливах нефти, струю предполагаемого раствора подаваемого на место горения требуется диспергировать. В таком случае необходимо применять растворы с примесью высокомолекулярных ПАВ на основе спирта, поливинилового.



Рисунок 2.9 – Горение элементов из дерева

Объект пожарной нагрузки (элементы из дерева) пропитываются спиртом или другим ЛВЖ зажигается (можно и не зажигать) затем покрывается составом «вода+жидкое стекло», после этого определяется возможность его зажигания по вышеприведенной методике. Это определит качество состава «вода+жидкое стекло» и его пожарно-технические характеристики. На рисунках 2.9 и 2.11 показан процесс горения элементов дерева и тушения жидким стеклом.



Рисунок 2.10 – Орошение очага возгорания раствором

На рисунке 2.10 представлена струя распыла из огнетушителя. Хорошо видно что в распыляемой струе наблюдается процесс коалесценции, существенно влияющий на успешное тушения ЛВЖ и других горючих жидкостей с удельным весом меньшим чем удельный вес огнетушащего состава.

После орошения очага возгорания раствором жидкого стекла наблюдается процесс образования пленки.



Рисунок 2.11– Конечный результат

Предлагаемые растворы жидкого стекла целесообразно использовать в качестве огнезащитного средства для предотвращения возгорания других объектов, находящихся вблизи от очага пожара, например, стен деревянных зданий, отдельных деревьев и кустарников при лесных пожарах.

Подачу огнетушащего состава на объект возгорания можно осуществлять с помощью стационарных установок, пожарных машин. При тушении лесных пожаров предлагаемым составом можно заправлять ранцевые огнетушители.

Приведено обоснование использования водного раствора для тушения пожаров, содержащего 5 – 50 % жидкого стекла. При испарении воды из раствора на поверхности горения жидкое стекло образует вязкопластичную изолирующую плёнку, которая под действием высокой температуры вспенивается и образует пористый изолирующий слой из неорганической пены

3. Социальная ответственность

Введение

Социальная ответственность, а так же безопасность жизнедеятельности обуславливается различными нормативно-правовыми нормами, законодательных актов, а так же ТК РФ, Кодексом об административных нарушениях, Уголовным Кодексом и Конституцией Российской Федерации.

Объектом исследования в этой работе является технология использования, и приготовления огнетушащего состава, в основе которого присутствует натриевое жидкое стекло.

В процессе работы проводились испытания с химическими веществами и электрооборудованием, находящемся в лабораторном помещении в течение определённого времени.

Целью этого раздела является определение вреда и опасности, которые могут случится в процессе выполнении практической работы, и меры по их ликвидации. Для выполнения практической части использовалось следующее оборудование: секундомер механический, цилиндр мерный, противень, распылитель бытовой.

3.1. Производственная безопасность

В ходе выполнения работе на рабочем месте, в лаборатории, персонал был под влиянием различных физических, психофизических и химических факторов. Для обеспечения безопасности человека необходимо провести анализ возможных опасностей. Выявление возможных опасных и вредных производственных факторов производилось по ГОСТ 12.0.003-74.

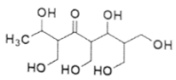
Таблица 3.1 – Опасные и вредные факторы возможные при выполнении работ

Наименование видов работ	Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1. Объект исследование – изготовление 2. Смешивание компонентов для 3. Испытание на огнестойкость	1. Повышенная запыленность зоны на рабочем месте; 2. Повышенная температура воздуха рабочей зоны;	1.Повышенная температура поверхностей оборудования и материалов; 2.Ядовитое воздействие на организм человека	Нормы по токсичным веществам в воздухе рабочей зоны устанавливаются по ГОСТ 12.0.003-2015; Температура воздуха рабочей зоны, поверхностей оборудования и материалов, а также запыленность, нормируется ГОСТ 12.1.005-88;

3.1.1 Анализ вредных и опасных факторов

В нашем случае необходимо рассмотреть не только сам процесс разработки, но а так же само вещество (огнетушащее средство на основе жидкого стекла) со стороны безопасности.

Таблица 3.2 – Физико-химические свойства используемых веществ

Название и формула вещества	Физико-химические характеристики	ПДК мг/м ³	Класс опасности	Общий характер воздействия	Меры предосторожности
Na ₂ SiO ₃ силикат натрия, жидкое стекло	M=2,67 $\rho = 1,485 \text{ г/см}^3$ pH= 11,83	2	3	Не содержит вредных летучих компонентов, нетоксичен, пожаровзрывобезопасен	Не глотать, избегать попадания на кожу, в глаза. Транспортировать только в закрытой таре
 Водорастворимая смола	pH = 6,5-8,5 $\rho = 1,180 \text{ г/см}^3$	0,05	2	Может вызвать аллергические заболевания в производственных условиях	Необходимо сохранять в сухой таре, беречь от тепла, открытого огня

В работе с материалами в порошкообразном состоянии рекомендуется использовать ватно-марлевые повязки потому, что в связи с возможностью пылением этих материалов. Для возможности защиты от воды и водных растворов разных веществ следует пользоваться перчатками либо использоваться силиконовый крем для смазывания кожи рук в течение рабочего дня. При чрезвычайной ситуации чтобы не произошло отравление отравляющими веществами необходимо использовать противогаза РШ4, ПМС1. Для того чтобы защитить глаза во время работы с газовой горелкой необходимо использовать защитные очки.

3.1.2. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при проведении исследований

Способ, при котором могут проникнуть данные вещества в организм любого человека может быть при попадании пыли, производя фиброгенное действие. В процессе попадания в органы дыхания, эта пыль повреждает слизистую оболочку верхних дыхательных путей, а при задерживании в легких, приводит к развитию соединительной ткани и рубцеванию (фиброзу) легких.

Поражающая способность пыли приводит к возникновению ее дисперсности, и к тому же от химического состава вещества и образования. В процессе попадания пыли на глаза, а именно на слизистые оболочки, а так же попадания на поверхность дыхательных путей, ее раздражающая способность, происходит значительно ярко. Если сравнивать слизистые оболочки глаз с покровом кожи, то можно утверждать, что глаза более тонки и нежны, и поэтому их раздражает вся пыль, и не только химических веществ.

Средствами индивидуальной защиты от запыленности рабочей зоны являются респираторы и фильтры, выбор которых определяется Технологическим Регламентом РФ «О безопасности СИЗ», а также специальная одежда, которая не допускает попадания пыли на покровы кожи.

Уязвимость организма по отношению к вредным веществам показывает влияние метеорологических условий. Микроклимат в исходной лаборатории характеризуется совокупностью метеорологических элементов:

- Влажностью
- Температурой;
- Скоростью движения воздуха;
- Тепловым излучением от подогретых поверхностей оборудования и обрабатываемых материалов.

Нормирование метеорологических условий связанных с рабочей зоной производственных помещений, в которых производят выполнения данного проекта, осуществляется согласно ГОСТ 12.1.005-88. «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

Оптимальные и возможные показатели температуры, относительной влажности, а так же скорости движения воздуха в зоне, в которой выполняются работы соответствует величинам, которые приведены в соответствующем документе (СанПиН 2.2.4.548-96).

Выполненная работа соответствует I-ой категории работ по затратам энергии организма.

Исходя из данных требований при работе в лаборатории должны соблюдаться следующие параметры, относящиеся к метеорологической среде:

- температура воздуха зимой должна соответствовать требуемой и должна быть в диапазоне от 17 до 22 °С, а летом должна не превышать 28 °С;
- влажность воздуха должна быть в диапазоне 40-70%;
- в помещении скорость движения воздушных потоков должна составлять примерно 0,2 м/с.

Дабы обеспечить комфортные условия, необходимо использовать как организационные методы (рациональная организация проведения работ в зависимости от времени года и суток, чередование труда и отдыха), так и технические средства (вентиляция, кондиционирование воздуха, отопительная система).

Освещение значительно влияет на функции зрительного аппарата, которые в свою очередь влияют на зрительную работоспособность, а так же на психику человека и его эмоциональное состояние, может вызывать усталость центральной нервной системы. Оценка сравнения естественного и искусственного освещения показывает то, что естественное освещение значительно влияет на работоспособность, и тем самым показывает преимущество естественного света перед искусственным освещением. Определенные нормы естественного и искусственного освещения зданий и сооружений, а также нормы искусственного освещения жилых зон, включающих в них площадок предприятий, а так же мест производства работ, заключенных за пределами производственного помещения представлены в СанПиНе 2.2.4.548-96.

В основании данных, приведенных в таблице 2.3, определена норма освещенности для лаборатории, в которой проводилась работа.

Таблица 3.3 – Данные о лаборатории, норма освещенности и разряд зрительной работы

Производственное помещение	Разряд зрительной работы	Наименьший размер объекта различения	Контраст объекта различения с фоном	Характеристики фона	Характеристики помещения по условиям среды	Искусственное освещение	
						При комбинированном освещении	При общем освещении
						Освещенность, лк	
Лаборатория	III		средний	средний	Небольшая запыленность	25	

Шум, который негативно воздействует на слух человека, вызывает два возможных исхода: (от минуты до нескольких месяцев):

- снижает чувствительность к звукам определенных частот,
- вызывает повреждение органов слуха или мгновенную глухоту.

Уровень звука в 130 дБА вызывает болевое ощущение, а в 150 дБ приводит к поражению слуха при любой частоте.

Варьируемый эквивалентный уровень звука (дБА) в лаборатории достигает 50дБА[ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности].

Уровень вибрации в помещении лаборатории возможно снизить путем установки оборудования на определенные специальные виброизоляторы.

3.1.3 Анализ опасных факторов рабочей зоны

Во время экспериментальных работ по изготовлению состава терморазбухающего геля, возникают следующие опасные ситуации:

- воздействие электричеством при нарушении изоляции или нарушении заземления на электроустановках;
- возможные ожоги частей тела в следствии проведения возможных испытаний на пожаротушение;

- не предварительное попадание химических веществ на кожу и открытые участки тела человека.

Для того, чтобы предотвратить возникновение опасных ситуаций требуются выполнять следующие меры предосторожности во время работы:

1. Требуется быть внимательным, стараться не отвлекаться на внешние дела и разговоры, а так же, не отвлекать других от работы.

2. Специальная одежда должна полностью соответствовать нормам и требованиям, а так же быть застегнутой и должны быть убраны волосы в соответствующем виде.

3. Осуществляя работы в группе с несколькими лицами, необходимо обговаривать свои действия с коллегами на рабочем месте.

В лабораториях химического назначения, оборудованных электрическими приборами предназначенными для общего назначения, существуют основные требования и правила безопасной и безвредной работы:

1. Требуется пользоваться только исправными приборами. Соединительные кабели и шнуры обязаны находиться в непосредственной изоляции. Все соединения необходимы быть надёжными и исключать случайное замыкание или непредвиденное отсоединения проводов и кабелей в процессе работы;

2. Все необходимые монтажные и демонтажные работы, и также работы связанные с присоединением и отсоединением действующих проводов следует производить на установках, которые полностью обесточены от электроэнергии.

3. Все возможные электроприборы, относящиеся к крупным электроприборам, которые находятся в металлических корпусах требуется оборудовать защитным заземлением;

4. Запрещено вытаскивать вилку из штепселя розетки, при этом дёргая её за шнур, требуется вынимать ее из штепселя, выдергивая за рукоятку.

5. Необходимо избегать соприкосновения с проводниками, которые находятся под напряжением.

В процессе работы с муфельной электропечью может быть воздействие на работающих нескольких опасных производственных факторов:

- ожоги тела и сетчатки глаз;
- отравление токсичными газами в случае отсутствия вентиляции;
- поражение электрическим током при условии отсутствия заземления корпуса муфельной электропечи.

В работе с муфельной электропечью необходимо использовать требуемую спецодежду, а так же средства индивидуальной защиты, которые включают в себя: халат из хлопчатобумажной ткани или фартук обязательно с нарукавниками, берет, требуются брезентовые рукавицы, а так же защитные очки.

В процессе работы с муфельной печью требуется выполнять технику пожарной безопасности. Во время выгрузки печи требуется заблаговременно подготавливать место для работы, так же требуется заранее приготовить подставку для постановки изделия для того, чтобы ничего не предвещало возникло пожарных ситуаций. Для избежание пожара и предупреждения пожаров регулярно требуется проводить осмотр электрического оборудования во время выявления возможных осложнений, ликвидируются возможные неисправности. Помещение в котором происходит работа с муфельной электропечью требуется обеспечить первичными средствами для тушения пожаров. В качестве средств для тушения пожаров могут выступать: огнетушители, ящики с песком или емкостью с огнетушащей жидкостью.

3.2. Экологическая безопасность

На данный момент охрана окружающей среды занимает огромное внимание. В выполнении дипломной работы в ходе практической части,

используются вещества, которые наносят наименьшее воздействие на окружающую среду. В ходе выполнения экспериментов необходимые материалы должны пройти механическую, а так же тепловую обработку. Та пыль, которая образуется в процессе измельчения материалов, уходит в вентиляцию, в которой была осуществлена очистка запыленного воздуха.

Защита атмосферы

Существуют порошки, которые были использованы в работе, они вызывают запыление зоны, в той, в которой проводились работы, воздух из нее будет выходить наружу, именно поэтому эти выбросы нужно очищать от пыли. Для предотвращения этого применяют разнообразные пылеуловители и циклоны.

Защита гидросферы

При использовании жидкого стекла в качестве средства для пожаротушения использовались растворы жидкого стекла, которые не токсичны, поэтому особого вреда от производства такого раствора нет, и он абсолютно безопасен.

Защита литосферы

Твердыми отходами следует считать остатки сырья, которые не сгорели при испытаниях.

В данной работе отходами являются не сгоревшие остатки органических веществ. Эти растворы складывают в специальные емкости для последующей переработки.

3.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Мероприятия, которые проводятся во время случайных чрезвычайных ситуаций (аварий, стихийных бедствий), являются в виде проведение спасательных работ и неотложных работ аварийно-восстановительного процесса в эпицентре пожара. Подобные мероприятия проводятся на основании

комплекса государственных стандартов и с предупреждением и ликвидацией чрезвычайной ситуации.

Чрезвычайные ситуации могут возникнуть в результате:

- производственной аварии,
- стихийного бедствия;
- социального конфликта (военного).

В случае производственной аварии

Под термином авария понимается резкая остановка процесса производства на предприятии, которая приводит к повреждению или частичному уничтожению материальных и других ценностей. В ходе производственной аварии возможен разлив ядовитых веществ, прорыв отопительной системы, возгорание и т. д. В случае этого в лаборатории, изначально нужно обесточить лабораторию, остановить все работы, вызвать спецслужбу и, по возможности предотвратить распространение токсичного вещества (посыпать песком и убрать с помощью совка). В случае аварийной ситуации, это когда атмосфера лаборатории внезапно становится заряженной ядовитыми парами или газами, необходимо оставаться в помещении для уничтожения последствий аварии, можно только в противогазе, при выключенных нагревательных приборах. После дезактивации необходимо проветрить помещение. В случае пожара необходимо выключить все электрические приборы, вентиляцию, убрать все вещества огнеопасного назначения в безопасное место, а так же по возможности, ликвидировать первоначальный очаг. Для того чтобы затушить горящую одежду необходимо применять воду, для пламенеющих установок - специальные огнетушители, а для тушения уже горячих установок, которые закреплены штативом – асбестовое одеяло, предназначенное для таких случаев. Песок необходимо использовать при тушении горючих жидкостей дерева и бумаги; которые хорошо и относительно быстро растворяются в воде и соединения – ацетона, а именно низших спиртов, а так же органических кислот.

3.4. Правовые и организационные мероприятия обеспечения безопасности

Положение в лаборатории около муфельной печи, а так же мешалки предусматривает доступ к любой из их частей для контроля над процессом и ремонта. К тому же установка не имеет права загрождать пути эвакуации в случае чрезвычайной ситуации и закрывать собой знаки предупреждения или предупредительные сигналы.

Органы управления обязаны выделить по отношению ко всему фону, а рычаги аварийного отключения электроэнергии должны быть легко достигаемы в процессе работы любой части установки.

Рабочее место должно проветриваться (при малых размерах лаборатории), или оборудоваться вытяжкой для подачи свежего воздуха. При этом следует регулировать скорость подачи воздуха для избежание сквозняка, а так же резких перепадов температур воздуха, в противном случае существует риск простудных заболеваний.

Чтобы предупредить или понизить воздействие на работающих опасных или вредных производственных факторов следует применять индивидуальные средства защиты. Работники лаборатории должны использовать в качестве специальной одежды хлопчатобумажные халаты, обязательно с длинными рукавами.

При защите от работы с водой и водными растворами различных веществ, необходимо смазывать кожу рук силиконовым кремом два раза в день либо использовать перчатки. В процессе работы с порошками или порошкообразными материалами необходимо пользоваться ватно-марлевыми повязками в связи с напылением этих материалов. В результате чрезвычайной ситуации при воздействии отравляющих веществ необходимо использовать противогаз РШ4, ПМС1. Для защиты глаз используются защитные очки.

3.4.1. Безопасность жидкого стекла

Из-за свойств вещества и процессов, которые происходят во время изготовления, жидкое стекло следует использовать с безопасностью и гигиеной. При контакте с кожей или слизистой оболочкой оно вызывает раздражение. То же самое относится к случайному контакту с глазами, после чего необходимо устранить вещества из глаз большим количеством проточной воды.

В случае непреднамеренного, случайного контакта жидкого стекла с кожей или глазами, немедленно промойте место с теплой водой, а затем обратитесь к врачу. Вы должны также обратиться к врачу, если чувствуете недомогание после доступа вещества к дыхательным путям. Жидкое стекло представляет собой химическое вещество, поэтому не позволяйте, чтобы отходы проникли в подземные воды или водоемы.

Жидкое стекло не должно иметь контакт с кислотами и не может храниться в контейнерах, изготовленных из алюминия или цинка. При использовании жидкого стекла всегда нужно помнить о безопасности и правильном способе его применения и хранения.

В основном, жидкое стекло не является опасным веществом в сухом виде, материал является экологически чистым. Тем не менее, особое внимание должно быть принято в применении, чтобы избежать неприятных последствий для здоровья.

3.4.2. Влияние жидкого стекла на окружающую среду

«Жидкое стекло» абсолютно безвредно, экологически неагрессивно для любых живых существ и окружающей среды в целом, именно поэтому новому изобретению из области нанотехнологий придается такое огромное значение. Испытания показали удивительное разнообразие областей, в которых может применяться данная технология – от защиты виноградников от бактериальных атак до покрытия имплантатов, используемых в медицинских целях. Забавно,

но еще в 1951 году в знаменитой комедии «Человек в белом костюме» сценаристы придумали специальный спрей, распыление которого на ткань давало грязеотталкивающий эффект. Так вот, именно этого добились ученые при помощи «жидкого стекла». Возможности, казавшиеся ранее фантастическими, пришли в нашу жизнь.

Секрет жидкого стекла прост, как все гениальное: кремниевый диоксид, выработанный из кварцевого песка, соединенный с молекулами воды или спирта, наносится на поверхность в виде ультратонкой пленки толщиной всего 15 – 30 молекул, что в 500 раз тоньше человеческого волоса и составляет несколько миллионных долей миллиметра. При этом жидкое стекло превращается в невидимом глазу гибкий барьер, который отталкивает воду, грязь, бактерии, он устойчив к теплу, кислотам и УФ-излучению, но при этом покрытая им поверхность остается «дышащей». Никаких посторонних нано-примесей в виде смол не используется, жидкое стекло держится на поверхности благодаря явлению электростатики.

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Критерий коммерческой ценности разработки относится к необходимым условиям в поиске источников, которые могут финансировать в процессе проведения научно-технического исследования и коммерциализации результатов.

В таком случае, целью данного раздела будет являться проектирование и создание разработок, имеющих конкурентоспособность, а так же технологии, которые будут отвечать настоящим требованиям в области ресурсоэффективности, а так же, ресурсосбережения.

Достижение поставленной цели решается с помощью следующих задач:

- необходимо провести оценку коммерческого потенциала, а так же выявить перспективы проведения данных научных исследований;
- спланировать научно-исследовательские работы для выполнения поставленных задач;
- определить ресурсную эффективность и ресурсосбережение, бюджетной, финансовой, социальной и экономической эффективности данного исследования.

4.1 Предпроектный анализ

Использование жидкого стекла в качестве средства для пожаротушения позволяет значительно быстрее гасить очаги возгорания, что является большим плюсом при тушении пожаров.

4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Продукт является результатом нашего исследования, который предназначен для тушения пожаров и очагов возгорания.

В данной работе усилия направлены на увеличение процента

экологичности, снижение стоимости затрат на выполнение проекта, а также увеличение эксплуатационных свойств средств объекта исследования пожаротушения путем применения известного состава «жидкое стекло – вода».

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

В России производством жидкого стекла занимается несколько фирм, однако информация о производстве огнетушащих средств на основе жидкого стекла отсутствует.

Для проведения оценки конкурентоспособности предприятия методом балльной оценки используется балльная шкала, с помощью которой оцениваются факторы конкурентоспособности. Разработка набравшая наибольшее большое количество баллов, считается наиболее конкурентоспособным на рынке. В качестве примера были рассмотрены огнетушители на основе жидкого стекла, и стандартные огнетушители. В таблице 4.1 представлена оценка конкурентоспособности разработки, построенная на основе балльных оценок. B_1 – балльная оценка огнетушителя на основе жидкого стекла, B_2 – балльная оценка стандартного огнетушителя, K_1 , K_2 – анализы конкурентных технических решений для огнетушителей на основе жидкого стекла, и стандартных огнетушителей³.

Таблица 4.1 – Оценочная карта конкурентоспособности разработки

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б ₁	Б ₂	К ₁	К ₂
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Повышение производительности	0,15	5	4	0,75	0,6
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,10	5	5	0,5	0,5
3. Энергоэкономичность	0,09	5	4	0,45	0,36
4. Надежность	0,10	5	4	0,5	0,4
5. Безопасность	0,03	5	5	0,15	0,15
6. Простота эксплуатации	0,04	5	5	0,2	0,2
Экономические критерии оценки эффективности					
1.Конкурентоспособность продукта	0,04	5	5	0,2	0,2
2. Уровень проникновения на рынок	0,07	4	5	0,28	0,35
3. Цена	0,13	5	4	0,65	0,52
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	5	5	0,25	0,25
5. Финансирование научной разработки	0,05	4	5	0,2	0,25
6. Срок выхода на рынок	0,07	4	5	0,28	0,35
7. Наличие сертификации разработки	0,08	5	5	0,4	0,4
Итого	1	62	61	4,81	4,53

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (4.1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

В результате проведенной оценки конкурентоспособности разработки можно сделать вывод о том, что сильными сторонами нашей разработки являются ее эксплуатационные характеристики.

Из таблицы 4.1 можно сделать вывод, что по техническим оценкам огнетушители на основе жидкого стекла превосходят стандартные огнетушители. С точки зрения экономики наша разработка превосходит стандартную.

Среди слабых сторон можно выделить финансирование научной разработки, срок выхода разработки на рынок. Это говорит о том, что необходимо прорабатывать пути продвижения данного продукта на рынок.

Итогом данного анализа является вывод о том, что данный продукт готов к продвижению на рынок товаров и услуг. Эксплуатационные характеристики и цена разработки способны заинтересовать партнеров и инвесторов, которые помогут создаваемому продукту завоевать доверие покупателей посредством продвижения товара на рынок.

4.1.1. Технология QuaD

Как было указано ранее в России выпуском таких изделий занимается несколько фирм, однако информация о производстве и составах огнетушителей на основе жидкого стекла отсутствует.

Таблица 4.2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
1. Энергоэффективность	0,08	80	100	0,8	0,064
2. Помехоустойчивость	0,03	80	100	0,8	0,024
3. Надежность	0,04	60	100	0,6	0,024
4. Унифицированность	0,04	60	100	0,6	0,024
5. Уровень материалоемкости разработки	0,03	80	100	0,8	0,024
6. Уровень шума	0,06	80	100	0,8	0,048
7. Безопасность	0,05	100	100	1	0,050
8. Потребность в ресурсах памяти	0,05	60	100	0,6	0,030
9. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,05	80	100	0,8	0,040
10. Простота эксплуатации	0,05	80	100	0,8	0,040
11. Качество интеллектуального интерфейса	0,04	60	100	0,6	0,024
12. Ремонтопригодность	0,04	80	100	0,8	0,032
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
13. Конкурентоспособность продукта	0,08	80	100	0,8	0,064
14. Уровень проникновения на рынок	0,04	80	100	0,8	0,032
15. Перспективность рынка	0,06	80	100	0,8	0,048
16. Цена	0,09	100	100	1	0,09

Продолжение таблицы 4.2.

1	2	3	4	5	6
17. Послепродажное обслуживание	0,04	80	100	0,8	0,032
18. Финансовая эффективность научной разработки	0,04	60	100	0,6	0,024
19. Срок выхода на рынок	0,04	60	100	0,6	0,024
20. Наличие сертификации разработки	0,05	20	100	0,2	0,010
Итого	1				

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{\text{ср}} = \sum B_i \cdot B_i, \quad (4.2)$$

где $P_{\text{ср}}$ – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

В результате проведенной оценки конкурентоспособности разработки можно сделать вывод о том, что сильными сторонами разработки являются ее эксплуатационные характеристики, а именно безопасность, энергоэффективность, простота эксплуатации, конкурентоспособность продукта, уровень шума и цена продукта.

Среди слабых сторон можно выделить финансирование научной разработки, срок выхода разработки на рынок и наличие сертификации. Это говорит о том, что необходимо прорабатывать пути продвижения данного продукта на рынок.

Итогом данного анализа является вывод о том, что данный продукт готов к продвижению на рынок товаров и услуг. Эксплуатационные характеристики и цена разработки способны заинтересовать партнеров и инвесторов, которые

помогут создаваемому продукту завоевать доверие покупателей посредством продвижения товара на рынок

4.1.4. SWOT-анализ

Базовым рынком сбыт продукции является рынок Российской Федерации и СНГ, в перспективе планируется выход на международные рынки. Успех в достижении стратегических целей научно исследовательской работы обеспечивается получением синергетических эффектов выгоды от вертикальной интеграции, выгоды от диверсификации, от доступа к новым каналам сбыта продукции и технологиям, увеличение доли на рынке.

Таблица 4.3 – SWOT-анализ реализации проекта

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>1.Развитая производственная, научная, энергетическая, транспортная, социальная инфраструктура.</p> <p>2.Высокая степень соблюдения договорных обязательств в отношении потребителей.</p> <p>3.НИ ТПУ ведущий институт в области разработки функциональной и</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>1.Нехватка инвестиционных средств, что не позволяет производить продукцию в нужном объеме</p> <p>2.Большие энергозатраты на производство</p> <p>3. Малый рынок сбыта из-за конкуренции с большими</p>
	конструкционной керамики.	зарубежными фирмами
<p>Возможности:</p> <p>1.Производство новых видов продукции для нужд текущих и новых потребителей.</p> <p>2.Освоение новых сегментов рынка керамики.</p> <p>3.Инновационные достижения в области керамики.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности»</p> <p>1.Развитая производственная, научная, энергетическая, транспортная, социальная инфраструктура.</p> <p>2.Обширная база потребителей.</p> <p>3.Устойчивые финансовые показатели.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности»</p> <p>1.Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца</p>

Угрозы: 1.Появление новых конкурентов. 2.производителей с более развитыми технологиями и низкими издержками. 3.Потеря спроса.	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и угрозы» 1.Сравнительно низкие издержки производства относительно западных аналогов	Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и угрозы» 1.Нехватка инвестиционных средств, что не позволяет производить продукцию в нужном объеме 2. Появление конкурентов с более новыми разработками с более развитыми научно-исследовательскими институтами
---	---	---

4.2. Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1. Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты. По каждому виду работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

Порядок этапов работ и распределение исполнителей для данной научно-исследовательской работы приведен в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Порядок работ и распределение исполнителей

Основные работы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель, студент
Выбор и направление исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Студент
	3	Выбор направлений исследований	Руководитель, студент
	4	Календарное планирование работ по теме	Студент
Основные работы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Руководитель, студент
	6	Проведение экспериментов	Студент
	7	Сопоставление результатов эксперимента с теоретическими исследованиями	Руководитель, студент
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка полученных результатов	Руководитель, студент
	9	Определение целесообразности проведения ВКР	Руководитель, студент
Изготовление и испытания опытных образцов	10	Получение опытных образцов	Студент
	11	Лабораторные испытания опытных образцов	Руководитель, студент
Оформление комплекта документации по ВКР	12	Составление пояснительной записки	Студент

4.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ

Для определения ожидаемого значения трудоемкости используется формула:

$$t_{ож\ i} = \frac{t_{min\ i} + 2t_{max\ i}}{5}, \quad (4.3)$$

где $t_{ож\ i}$ – наиболее вероятное время, в течение которого должна быть выполнена работа, чел-дни;

$t_{min\ i}$ – минимальное время для выполнения определенного этапа при благоприятном стечении обстоятельств, чел-дни;

$t_{max\ i}$ – максимальное время для выполнения данного этапа при неблагоприятном стечении обстоятельств, чел-дни.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях, учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{pi} = \frac{t_{ож\ i}}{Ч_i}, \quad (4.4)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дней;

$t_{ож\ i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, чел-дни;

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

4.2.3. Разработка графика проведения научного исследования

При выполнении дипломных работ студенты в основном становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем. Наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Для перевода длительности каждого этапа из рабочих дней в календарные, необходимо воспользоваться формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (4.5)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения отдельной работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность работы в рабочих днях;

$k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

В 2018 году 366 календарных дней, из них 105 выходных и 14 праздничных дней. Тогда коэффициент календарности равен:

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 105 - 14} = 1,47.$$

Таблица 4.5 – Временные показатели научного исследования (обозначения Р – руководитель, С – студент)

Название работ	Трудоемкость работ						Испол- нители	T_p , раб. дн.		T_k , кал. дн.	
	t_{min} , чел-дн		t_{max} , чел- дн		$t_{ож}$, чел- дн			Исп.1	Исп. 2	Исп.1	Исп. 2
	Исп.1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2	Исп.1	Исп. 2					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Составление технического задания	0,2	0,2	1	1	0,5	0,5	Р	0,1	0,1	0,1	0,1
	0,2	0,2	1	1	0,5	0,5	С	0,1	0,1	0,1	0,1
Выбор направления исследований	0,5	0,5	2	2	1	1	Р	0,5	0,5	0,6	0,6
	0,5	0,5	2	2	1	1	С	0,5	0,5	0,6	0,6
	5	5	10	10	7	7	Р	3,5	3,5	4,2	4,2
Подбор и изучение материалов	5	5	10	10	7	7	С	3,5	3,5	4,2	4,2

Продолжение таблицы 4.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Календарное планирование работ по теме	1	1	2	2	1,4	1,4	Р	0,7	0,7	0,8	0,8
	1	1	2	2	1,4	1,4	Р	0,7	0,7	0,8	0,8
Проведение теоретических расчетов и обоснований	3	3	5	5	3,8	3,8	С	1,9	1,9	2,3	2,3
Название работ	Трудоемкость работ						Исполнители	T_p , раб. дн.		T_k , кал. дн.	
	t_{min} , чел- дн		t_{max} , чел- дн		$t_{ож}$, чел- дн						
	Исп.1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2	Исп.1	Исп. 2		Исп.1	Исп. 2	Исп.1	Исп. 2
Проведение экспериментов	3	3	5	5	3,8	3,8	С	1,9	1,9	2,3	2,3
Сопоставление результатов теоретическими исследованиями	2	2	3	3	2,4	2,4	Р	1,2	1,2	1,4	1,4
	3	3	5	5	3,8	3,8	С	1,9	1,9	2,3	2,3
Оценка полученных результатов	3	3	4	4	3,4	3,4	Р	1,7	1,7	2	2
	5	5	6	6	5,4	5,4	С	2,7	2,7	3,2	3,2
Приготовление опытных образцов	3	3	4	4	3,4	3,4	Р	1,7	1,7	2	2
	14	14	28	28	19,6	19,6	С	9,8	9,8	12	12
Испытание опытных образцов	3	3	4	4	3,4	3,4	Р	1,7	1,7	2	2
	5	5	7	7	5,8	5,8	С	2,9	2,9	3,5	3,5
Составление пояснительной записки	13	13	16	16	14,2	14,2	С	14	14	17	17

где Исп.1 – первый исполнитель
Исп.2 – второй исполнитель.

В качестве исполнителей выступают студент – исполнитель 1, и руководитель – исполнитель 2

Таблица 4.6 – Календарный план-график проведения НИОК

Код работы (из ИСР)	Вид работ	Исполнители	Т _к , кал, дн.	Продолжительность выполнения работ													
				Февр.		Март			Апр.			Май			Июнь		
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1	Управление проектом	Руководитель	14														
2	Подробное проектирование	Руководитель , дипломник	7														
3	Разработка	Дипломник	14														
4	Интеграция и тестирование	Дипломник	56														



- руководитель



- дипломник

4.2.4. Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения. В таблице 35 представлены планируемые затраты.

Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты

В эту статью включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для выполнения работ по данной теме. Количество потребных материальных ценностей определяется по нормам расхода. Результаты по данному разделу представлены в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты, затрачиваемые на единицу изделия.

Наименование	Марка, размер	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Жидкое стекло	ГОСТ 13078-80	10 л	25 руб./л	225
Всего за материалы				225
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				300
Итого по статье C_m				525

Расчет затрат на специальное оборудование для экспериментальных

Расчет сводится к определению амортизационных отчислений, так как оборудование было приобретено до начала выполнения данной работы и эксплуатировалось ранее, поэтому при расчете затрат на оборудовании учитываем только рабочие дни по данной теме. Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{C_n \cdot H_a \cdot n}{100k}, \quad (4.6)$$

где C_n – первоначальная стоимость оборудования;

H_a – норма амортизации, %;

n – число проработанных месяцев;

k – количество месяцев в году.

Число проработанных месяцев берем из расчета того, что на НТИ инженером было затрачено 1248 ч = 1,73 месяца.

Таблица 4.8 – Расчет амортизации оборудования

Наименование оборудования	C_n , руб	H_a , %	A , руб
Весы аналитические Веста В153	15000	10	216
рН-метр/ионметр/кондуктометр SevenGo Duo	130000	8	1499
Вискозиметра Брукфильд DV-II+PRO	112000	8	1292
Итого			3009

Таблица 4.9 – Группировка затрат по статьям

Вид работ	Статьи									
	Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Научные и производственные командировки	Оплата работ выполняемых сторонними организациями и предприятиями	Прочие прямые расходы	Накладные расходы	Итого плановая себестоимость
1. Управление проектом	-	-	33776,4	10132,9	13260,6	4390	5000	5000	30736,5	102297,4
2. Подробное проектирование	-	-	24511,2	5828,8	9162,6	3034	5000	5000	21237,5	73773,6
3. Разработка	1020,2	12000	15255,8	1525,6	5068	1678,3	10000	5000	11747	63295
4. Интеграция и тестирование	-	18800	52527,2	5252,7	17450	5778	5000	5000	40445,9	131453,8
Итого 370819,83										

Основная заработная плата

Расчет затрат, выделяемых на заработную плату представлен в таблице 4.10.

Таблица 4.10 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудо-емкость, чел.- дн.	Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс.руб.	Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.
1.	Управление проектом	Руководитель	14	2412,6	33776,4
2.	Подробное проектирование	Руководитель, инженер	7	2412,6 1089,7	16888,2 7623
3.	Разработка	Инженер	14	1089,7	15255,8
4.	Интеграция и тестирование	Инженер Лаборант	56	1089,7 806,5	28332,2 24195
Итого: 126070,6					

Таблица 4.11 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер	Лаборант
Календарное число дней	365	365	365
Количество нерабочих дней	50	50	50
выходные дни	14	14	14
праздничные дни			
Потери рабочего времени	62	31	31
отпуск	10	10	10
невыходы по болезни			
Действительный годовой фонд рабочего времени	229	260	260

Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 4.12.

Таблица 4.12 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Z_b , руб.	$k_{пр}$	k_d	k_p	Z_m , руб	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб.дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	31434	1	0,3	1,3	53123,5	2412,6	21	50664,6
Инженер	19052	1	0,1	1,3	27244,4	1089,7	47	51215,9
Лаборант	14099	1	0,1	1,3	20161,6	806,5	30	24195

В таблице 4.13 приведен расчёт основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 4.13 – Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Инженер	Лаборант
Основная зарплата	50664,6	51215,9	24195
Дополнительная зарплата	15199,4	5121,6	2419,5
Зарплата исполнителя	65864	56337,5	26614,5
Итого по статье $C_{зп}$	122201,5		

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В представленной работе решена актуальная задача по выработке экологической оценки применения огнетушащих составов на основе жидкого стекла при возможном использовании его в качестве средства пожаротушения.

Анализ воздействия жидкого стекла как экологического загрязнителя окружающей среды при применении в средствах пожаротушения показал перспективную возможность применения без угроз негативного воздействия на окружающую среду.

Установлено, что огнетушащий состав на основе жидкого стекла обеспечивает необходимый уровень вязкости и достижение значительного снижения температуры в зоне горения, высоких значений стойкости температуры и изолирующей способности состава за счет испарения свободной воды и термического вспенивания жидкого стекла. Таким образом, возможности использования жидкого стекла в качестве средства для пожаротушения открывают большие возможности его применения.

Установлено, что возможности тушения водными растворами жидкого стекла легковоспламеняемых жидкостей эффективны только в случаях если удельный вес пожарной нагрузки близок к удельному весу огнетушащего состава.

Получена зависимость соотношения компонентов огнетушащего состава на основе «вода+жидкое стекло» от времени существования защитной пленки на поверхности горючей жидкости, которая описывается функцией $y=11,351 \cdot x^{0,3722}$ с достоверностью $R^2=0,9951$.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баратов А.Н., Иванов Е.Н. Пожаротушение на предприятиях химической и нефтеперерабатывающей промышленности. М.: Химия, 1970. С. 64–72.
2. Пат. РФ № 2275951 Водный раствор для тушения пожаров / В.А. Лотов, А. П. Смирнов, Л. Г. Лотова; опубл. 10.05.2006 // Бюл. 2006. № 13.
3. Сычев М. М. Неорганические клеи. Л.: Химия, 1986. С. 26–37. В.А.Лотов, А.П.Смирнов, Л.Г.Лотова. Водный раствор для тушения пожаров. Патент на изобретение №:2275951.
5. Сычев М.М. “Неорганические клеи”.- Л.: Химия, 1986. – с. 26-37.
6. Корольченко А. Я., Корольченко Д. А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник: в 2-х ч. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Асс. «Пожнаука», 2004. — Ч.1. — 713 с.
7. Кутугин В.А. Управление процессами термической поризации жидкостекольных композиций при получении теплоизоляционных материалов. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Томск: ТПУ, 2008. – 25 с.
8. Буймов Я.Е., Мартынова А.В. Прозрачный терморазбухающий гель для противопожарного остекления // Молодежь наука технологии: идеи и перспективы (МНТ-2014): Материалы I Международной научной конференции студентов и молодых ученых. – Томск, 2014. – С. 243 – 244.
9. Способ изготовления противопожарного остекления: патент Рос. Федерация № 2361995; заявл. 24.06.2004; опубл. 20.07.2009, Бюл. № - 20 с.
10. Светопрозрачные ограждающие конструкции специального назначения [Электронный ресурс] / карта сайта ЗАО «Оптиком». URL:<http://optikom.tomsk.ru/37/8/>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.
11. ГОСТ 13078-81. Стекло натриевое жидкое. Технические условия. - М.: Госстрой СССР, 1982. - 15с.

12. Вискозиметр ВЗ-246 [Электронный ресурс]: руководство по эксплуатации. URL: http://laborant.ru/netcat_files/480/301/h_170106e1090c96320a16f4c716b153a6, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус.
13. Программируемый вискозиметр Брукфильда DV-II+PRO [Электронный ресурс]: руководство по эксплуатации № М/03-65. URL: <http://www.twirpx.com/file/1184638/>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.
14. pH метр/ионометр [Электронный ресурс]: руководство по эксплуатации. URL: http://www.tomanalyt.ru/upload/catalog/afiles/ITAN_filename__5_1958.pdf, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.
15. Спектрофотометр ЮНИКО 1201 [Электронный ресурс]: руководство по эксплуатации. URL: <http://www.kom-sib.ru/catalog/-57/fotometr-yuniko-1201-458>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.
16. ГОСТ 30247.0-94. Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. - М.: Минстрой России, ГУП ЦПП, 1994 – 13с.
17. Википедия [Электронный ресурс]/ свободная интернет-энциклопедия, 2001. URL: <http://www.ru.wikipedia.org/>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.
18. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны - М.: ИПК Издательство стандартов, 1988 – 181с.
19. ТР ТС 019/2011. О безопасности средств индивидуальной защиты – М.: Технический регламент таможенного союза, 2011 – 108с.
20. ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности. М.: ИПК Издательство стандартов, 1983 – 13с.
21. Гаврикова Н.А., Тухватулина Л.Р., Видяев И.Г. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 73 с.

22. Аэросил 175 [Электронный ресурс]: карта сайта ООО «Современные технологии металлообработки». URL: http://www.arcosolv.ru/produkt/pigm_asil_175.htm, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. рус., англ.

23. ГОСТ 12.1.007-76. ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности – М.: Стандартиформ, 2007.

24. ГОСТ 12.1.005-88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны – М.: Стандартиформ, 2008.